



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 195 34 423 A 1**

⑤① Int. Cl.⁸:
H 02 P 1/46
H 02 P 6/20

②① Aktenzeichen: 195 34 423.5
②② Anmeldetag: 16. 9. 95
④③ Offenlegungstag: 20. 3. 97

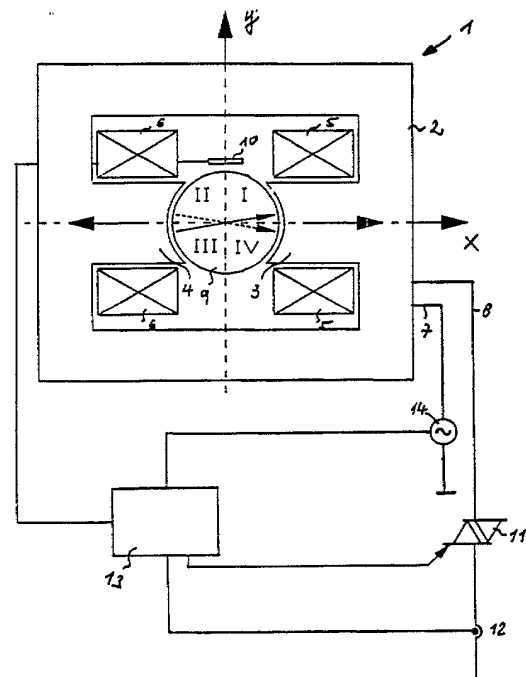
DE 195 34 423 A 1

⑦① Anmelder:
Kunz, Wunnibald, 88045 Friedrichshafen, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤④ Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Einphasensynchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor

⑤⑦ Es wird eine Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Einphasensynchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor (9), wobei der Einphasensynchronmotor (1) wenigstens eine in Reihe zu einer Wechselspannungsquelle geschaltete Statorwicklung umfaßt, vorgeschlagen, bei der ein Sensor (10) zur Messung des Magnetfeldes des Stators und Mittel zur Phasenanschnittsteuerung (11, 12, 13) vorhanden sind, die die Wechselspannungsquelle abhängig vom Magnetfeldsensordesignal derart schalten, daß ein Magnetfeld des durch die Spannung hervorgerufenen Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung ein Moment auf den Rotor in Drehrichtung erzeugt, wobei die Größe des Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung durch die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung auf einen vorgegebenen Wert begrenzt wird.



DE 195 34 423 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 97 702 012/312

12/24

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Einphasensynchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

Weit verbreitet sind rein passiv betriebene, einphasige Synchronmotoren, die beispielsweise für den Antrieb von Pumpen kleiner Baugröße eingesetzt werden. Diese Synchronmotoren haben einen äußerst einfachen Aufbau und damit einen niedrigen Kostenaufwand. Wegen des schwierigen Anlaufs aufgrund der Massenträgheit der zu bewegenden Bauteile sind diese Motoren in ihrer Leistung auf 30 Watt begrenzt. Daher kommen sie beispielsweise für Umwälzpumpen in Geschirrspülern ohne den Einsatz von zusätzlichen Maßnahmen nicht in Frage.

Eine solche Maßnahme kann beispielsweise eine spezielle Kupplung zwischen Motor und Pumpe sein, wobei auch die Pumpe einen speziellen Aufbau aufweist, jedoch der Anlauf ohne zusätzliche elektronische Hilfsmittel rein passiv erfolgt.

Auch derartige Anordnungen von Synchronmotoren sind in ihrem Leistungsbereich beschränkt. Außerdem ist der Wirkungsgrad stark von der angelegten Spannung abhängig, wodurch der Synchronmotor bei einer bekannten Belastung auch für den ungünstigsten Betriebsspannungsbereich dimensioniert sein muß.

Ebenfalls bekannt sind Synchronmotoren in mehrphasiger Ausführung, bei denen die Rotorstellung durch Sensoren, wie beispielsweise Hallsensoren erfaßt wird und bei denen die Wicklungen des Stators entsprechend der detektierten Rotorstellungen über Halbleiterschalter mit Spannung derart beaufschlagt werden, daß sich ein antreibendes Moment ergibt.

Bekannt sind solche Motoren unter anderem als "elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren". Die Sensoren sind bei elektronisch kommutierten Gleichstrommotoren so angeordnet, daß diese das vom Statorstrom erzeugte Magnetfeld nicht mitmessen. Üblicherweise geschieht dies durch Verwendung von optischen Sensoren oder durch Verwendung eines Zusatzmagneten, der in einer gewissen Entfernung vom Rotormagneten auf der Rotorwelle befestigt ist und dessen Magnetfeld von den Hallsensoren erfaßt wird.

Bei diesen Motoren wird in der Regel ein Sensor pro Phase verwendet, was eine eindeutige Detektion der Rotorstellung erlaubt. Dabei ist es für den Betrieb erleichternd, daß die Anwendung digitaler Sensoren möglich ist und selbst bei Fehlstellungen der Sensoren einen Betrieb ohne weiteres gewährleistet.

Diese mehrphasigen Synchronmotoren erfordern aber sogenannte Gleichstrom- oder Gleichspannungswischenkreise und Halbleitervollbrücken, was zu hohen Kosten führt, die bei einem Anwendungsfall, wie beispielsweise einer Umwälzpumpe in einem Geschirrspüler, nicht mehr akzeptiert werden können.

Unabhängig von den Synchronmotoren in mehrphasiger Ausführung besteht bei einphasigen Synchronmotoren mit einem dauermagnetisch erregten Rotor ein weiterer Hauptnachteil darin, daß die Lebensdauer der Motoren verkürzt sein kann, wenn aufgrund von Anlaufproblemen oder Überlastungen im Betriebsfall der Rotor zeitweise mit kaum veränderter Position einem großen entgegengesetzten Statorfeld ausgesetzt ist. Da-

durch kann eine Entmagnetisierung des Rotors auftreten, die den Wirkungsgrad stark herabsetzt und im äußersten Fall zum Ausfall des Motors führt.

Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Vorrichtung zur Steuerung eines Einphasensynchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor bereitzustellen, die einen sicheren Anlauf und Betrieb des Motors auch bei Bauformen mit hoher Leistung von über 100 Watt gewährleistet, mit einem geringen Kostenaufwand verbunden ist, das Magnetfeld des Stators insbesondere beim Anlauf so weit begrenzt, daß eine Entmagnetisierung des Rotormagneten vermieden werden kann und der Wirkungsgrad im Betrieb auf einem hohen Niveau eingeregelt wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte und zweckmäßige Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung angegeben. Die Erfindung geht von einer Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Synchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor aus, wobei der Einphasensynchronmotor wenigstens eine in Reihe zu einer Wechselspannungsquelle geschaltete Statorwicklung umfaßt. Der Kerngedanke liegt nun darin, daß ein Sensor zur Messung des Magnetfelds des Rotors und Mittel zur Phasenanschnittsteuerung vorhanden sind, die die Wechselspannung der Quelle abhängig vom Magnetfeldsensordesignal derart schalten, daß ein Magnetfeld des durch die Spannung hervorgerufenen Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung ein Moment auf den Rotor in Drehrichtung erzeugt. Die Größe des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung soll durch die Phasenanschnittsteuerung auf einen vorgegebenen Wert begrenzt werden. Durch die Strombegrenzung wird erreicht, daß auch das Magnetfeld im Stator keine ungewollt hohen Werte erreicht. Unerwünscht wäre beispielsweise ein Magnetfeld von einer Größe, das in der Lage ist, den permanentmagnetischen Rotor ganz oder teilweise zu entmagnetisieren. Bei der Vorgabe des zulässigen Maximalstromwertes und entsprechend der Größe des maximalen Magnetfeldes ist es vorteilhaft, diese in Abhängigkeit von der Drehzahl des Rotors vorzunehmen. Bei ansteigender Drehzahl ist der permanentmagnetische Rotor während einer immer kürzeren Zeitdauer einem aus Sicht des Rotors großen entgegengesetzten magnetischen Feldvektor des Stators ausgesetzt. Somit ist also die Gefahr einer Entmagnetisierung vermindert, so daß im Vergleich zur Anlaufphase mit niedrigerer Drehzahl ein größeres Magnetfeld und damit ein höherer Strom zugelassen werden kann. Bei Synchrondrehzahl des Motors laufen das erregende Magnetfeld des Stators und das Magnetfeld des Permanentmagneten synchron mit einem Winkelversatz von bestenfalls 90°, wodurch sich die Problematik der Entmagnetisierung weiter entschärft. In diesem Fall kann allerdings eine Begrenzung des Stromes durch die Statorwicklung auch aus Gründen einer thermischen Überbelastung notwendig sein. Die Realisierung einer Phasenanschnittsteuerung zur Strom- und damit Magnetfeldbegrenzung hat den Vorteil einer besonders preisgünstigen Lösung, da Standardbauteile eingesetzt werden können.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn beim Anlauf des Rotors aus dem Stillstand entsprechend der Polarität des gemessenen Magnetfeldes und der gewünschten

Drehrichtung die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung bei einer positiven bzw. negativen Wechselspannungshalbwelle freigegeben werden. Weiterhin ist es dabei günstig, wenn die freigegebenen Mittel zur Phasenanschnittsteuerung die Wechselspannung nach Ablauf einer Verzögerungszeit zuschalten und die Wechselspannung wieder abschalten, sobald der durch die Wechselspannung getriebene Strom auf Null abgefallen ist. Damit kann aus dem Verhältnis eines Abschnitts einer Wechselspannungshalbwelle zur vollständigen Wechselspannungshalbwelle die Größe des Stroms durch die Statorwicklung und somit die Größe des Statorwicklungsmagnetfeldes festgelegt werden. Auf diese Weise ist es möglich, zunächst mit einem niedrigen Stromniveau zu beginnen, indem die Verzögerungszeit bis zum Zuschalten der Wechselspannung groß gemacht wird, wodurch die unter dem Wechselspannungsabschnitt wirkende Spannungs-Zeitfläche klein bleibt. Die Verzögerungszeit bis zum Zuschalten der Wechselspannung kann nun Schritt für Schritt erhöht werden, wobei der Rotor in eine Pendelbewegung gerät, also immer mehr Bewegungsenergie aufnimmt, da er nur entsprechend der Abschnitte der Wechselspannungshalbwellen zeitweise mit einem Magnetfeld der Statorwicklung beaufschlagt wird. Das Anpendeln kann so lange fortgesetzt werden, bis der Rotor in der gewünschten Drehrichtung sich über einen Winkel von 90° weitergedreht hat. Dabei wird durch das oben beschriebene Schaltverhältnis der maximale Strom durch die Statorwicklung begrenzt. Es ist somit auf jeden Fall sichergestellt, daß der permanentmagnetische Rotor keinem zu großen entgegengesetzten Magnetfeld der Statorwicklung ausgesetzt ist.

Weiterhin ist es von Vorteil, daß zur Festlegung der Position des Rotormagnetfeldes bei in gewünschter Drehrichtung laufendem Rotor Mittel für eine Echtzeitbestimmung des Betrages und der Steigung aus dem gemessenen Magnetfeldsensordesignal des Rotors vorhanden sind. Durch die Kenntnis der Position des Rotormagnetfeldes lassen sich darauf bezogene, periodisch auftretende Zeitausschnitte für eine Freigabe der Mittel zur Phasenanschnittsteuerung festlegen, wobei die freigegebenen Mittel zur Phasenanschnittsteuerung wiederum nach einer Verzögerungszeit die Wechselspannung zuschalten und, nachdem der durch die Wechselspannung getriebene Strom auf Null abgefallen ist, wieder abschalten. Die Zeitausschnitte sind dabei so zu legen, daß das Magnetfeld des durch die Abschnitte der Wechselspannungshalbwellen hervorgerufenen Stromes in der Statorwicklung ein Moment auf den Rotor in Drehrichtung erzeugt. Dabei läßt sich über die Festlegung der Verzögerungszeit bis zum Zuschalten der Wechselspannung das Stromniveau wiederum so einstellen, daß problematische Magnetfeldverhältnisse für den Rotor nicht zustande kommen. Durch das Einführen der Zeitausschnitte kann die erfindungsgemäße Vorrichtung in einfacher Weise an die Induktivität bzw. die Gesamtimpedanz des Synchronmotors angepaßt werden. Die Zeitausschnitte bewirken nämlich, daß der durch die Abschnitte der Wechselspannungshalbwellen erst mit einer Zeitverzögerung, die durch die Impedanz des Synchronmotors verursacht wird, hervorgerufene Strom kein Magnetfeld erzeugt, das auf den Rotor gegen die Drehrichtung ein Moment ausübt.

Desweiteren ist es besonders günstig, daß die Breite der Zeitausschnitte an die Drehzahl des Rotors angepaßt ist. Auf diese Weise wird verhindert, daß das Magnetfeld des Stators durch den zeitverzögert einsetzenden Strom sich nicht verspätet oder verfrüht aufbaut

und eine bremsende Wirkung auf den Rotor ausübt. Beispielsweise wird bei steigender Drehzahl des Rotors die Zeitspanne, in der das Statormagnetfeld ein in Drehrichtung wirkendes Moment aufzubauen vermag, immer kürzer, weshalb der Zeitbereich für die Initialisierung eines Statormagnetfeldes, also die Breite der Zeitausschnitte, entsprechend verkürzt werden sollte, um ein erneutes Langsamerwerden des Rotors zu verhindern.

Ebenso ist es besonders günstig, daß bei Synchrondrehzahl des Rotors die periodisch auftretenden Zeitausschnitte, in denen die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung freigegeben werden und zeitverzögerte Spannungsabschnitte bereitstellen, bezüglich des Magnetfeldsensordesignals des Rotors so phasenverschoben sind, daß zwischen dem Magnetfeld des durch die Spannungsabschnitte hervorgerufenen Stroms in der Statorwicklung und dem Magnetfeld des Rotors ein Phasenwinkel von $\Phi \sim 90^\circ$ in Drehrichtung auftritt. Indem die Feldvektoren des Rotor- und Statormagnetfeldes eine Phasenverschiebung von 90° aufweisen, kann ein maximal möglicher Wirkungsgrad erzielt werden, da bei diesem Winkel die optimale Momentenübertragung stattfindet. Der hohe Wirkungsgrad bleibt auch dann erhalten, wenn Lastschwankungen am Motor auftreten oder Änderungen der Betriebsspannung vorhanden sind, da die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung den gewünschten Winkel von 90° ständig nachregeln.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird der Phasenwinkel zwischen dem Magnetfeld des Rotors und dem Magnetfeld der Statorwicklung aus dem Verlauf des Stromes durch die Statorwicklung und aus dem Verlauf des Magnetfeldsensordesignals des Rotors gewonnen. Dazu werden die zeitlichen Abstände der Extrema der beiden Signalverläufe verglichen, wobei die räumliche Anordnung des Sensors am Rotor zu berücksichtigen ist. Das Verwenden der Signalverlaufextrema hat gegenüber einer Methode, die beispielsweise die Nulldurchgänge der Signale detektiert, den Vorteil, daß der Offset eines Sensors zur Magnetfeldmessung keine Fehlbestimmung herbeiführt und der zeitliche Schwerpunkt der Strom-Zeitfläche erfaßt wird, der neben der Höhe für das mittlere Moment maßgebend ist.

Desweiteren ist es vorteilhaft, wenn der Sensor zur Messung des Rotormagnetfeldes ein Hallsensor ist, da Hallsensoren preisgünstig erhältlich sind.

Weiterhin ist es günstig, wenn der Hallsensor interferenzfrei zum Feld der wenigstens einen Statorwicklung angeordnet ist. Auf diese Weise wird eine Fehlmessung ausgeschlossen und nur das Feld des Rotors bestimmt.

Ebenso kann es von Vorteil sein, wenn die Magnetfeldlinien des Rotors über Flußleitbleche zum Hallsensor geführt werden. Dadurch muß der Hallsensor nicht unmittelbar an den Rotormagneten angebracht werden, sondern kann in gewissem Abstand dazu angeordnet sein und dennoch ein ausreichendes Magnetfeld empfangen.

Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn der Sensor beliebig angeordnet ist und das Übersprechen des Magnetfeldes der Statorwicklung durch den Verlauf des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung herausgerechnet wird. Auf diese Weise kann Konstruktionsvorgaben Rechnung getragen werden, die dazu führen, daß der Hallsensor nicht an einer zum Statormagnetfeld interferenzfreien Stelle angeordnet werden kann.

Außerdem ist es bevorzugt wenn die Mittel zur Pha-

senanschnittsteuerung eine Elektronikeinheit, einen Halbleiterschalter, wie z. B. einen Triac und eine Einheit zur Messung des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung umfassen. Weiterhin ist es günstig, wenn die Einheit zur Messung des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung einen Shunt beinhaltet. Auf diese Weise werden zur Realisierung der Phasenschnittsteuerung nur Standardbauteile verwendet, was die Herstellungskosten niedrig hält.

Desweiteren ist es von besonderem Vorteil wenn die Einheit zur Messung des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung einen Hallsensor beinhaltet. Damit kann die Strommessung potentialfrei durchgeführt werden, was für manche unten genannten Anwendungsfälle notwendig ist.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Elektronikeinheit zur Ansteuerung des Halbleiterschalters, zur Verarbeitung des Magnetfeldsensordesignals des Rotors sowie des Signals der Einheit zur Messung des Stromes und zur Verarbeitung des Signalverlaufes der Wechselspannungsquelle ausgelegt ist. Damit erfaßt die Elektronikeinheit alle zur Steuerung der erfindungsgemäßen Vorrichtung notwendigen Parameter.

In einer besonders vorteilhaften Ausführung ist die Elektronikeinheit der ungenutzte Teil der Elektronikeinheit eines anderen Systems. Auf diese Weise lassen sich Herstellungskosten für die Steuerung eines Einphasensynchronmotors erheblich senken, wenn in einem motorisch betriebenen Haushaltsgerät, z. B. einer Waschmaschine oder einem Geschirrspüler, ein ohnehin vorhandener Mikroprozessor, der nicht voll ausgenutzt ist, für diese Aufgabe eingesetzt wird.

Schließlich bringt es Vorteile, wenn das Magnetfeldsensordesignal des Rotors, das Signal zur Einheit der Messung des Stromes und das für die Elektronikeinheit zur Verfügung stehende Signal der Wechselspannungsquelle potentialfrei erfaßt und das Signal zur Ansteuerung der Halbleiter potentialfrei geschaltet ist. Dies ist insbesondere dann nötig, wenn als Elektronikeinheit der ungenutzte Teil der Elektronikeinheit eines anderen Systems ausgenutzt wird, um damit Querströme aufgrund unterschiedlicher Betriebsspannungsniveaus zu vermeiden, und vor allem den erforderlichen Schutz gegen elektrische Schläge zu gewährleisten.

Zeichnungen

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung unter Angabe weiterer Vorteile und Einzelheiten näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Einphasensynchronmotors mit einem Einphasensynchronmotor, der einen permanentmagnetischen Rotor besitzt, in einer schematischen Ansicht,

Fig. 2a und **Fig. 2b** den Einphasensynchronmotor mit Stator und permanentmagnetischem Rotor in der Vorderansicht und in der Draufsicht mit schematisch angedeutetem Feldlinienverlauf,

Fig. 3 einen Einphasensynchronmotor mit permanentmagnetischem Rotor in der geschnittenen Seitenansicht und mit schematisch dargestellten Feldlinien,

Fig. 4 den zeitlichen Verlauf eines Hallsensorsignals als Magnetfeldsensordesignal eines Rotors und

Fig. 5 das Sensorsignal aus **Fig. 4** mit angedeutetem Offsetbereich.

In **Fig. 1** ist ein Ausführungsbeispiel der erfindungs-

gemäßen Vorrichtung zur Steuerung eines Einphasensynchronmotors und ein Einphasensynchronmotor mit permanentmagnetischem Rotor dargestellt. Der Einphasensynchronmotor 1 umfaßt einen Stator 2 auf dessen beiden Polen 3, 4 zwei Spulen 5, 6 sitzen, die in Reihe geschaltet die Statorwicklung bilden und die Anschlußleitungen 7, 8 besitzen sowie einen permanentmagnetischen Rotor 9 mit Nord- und Südpol, dessen stromlose Einrastlage durch den ausgezogenen Pfeil dargestellt ist. Durch verschiedene Maßnahmen kann die Einrastlage wie in **Fig. 1** gezeigt um wenige Winkelgrade von der idealen horizontalen Lage, die durch die X-Achse des in **Fig. 1** eingezeichneten Koordinatensystems verdeutlicht ist, abweichen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Steuerung des Synchronmotors beinhaltet einen Hallsensor 10 einen Halbleiterschalter 11, wie beispielsweise einen Triac, eine Einheit 12 zur Messung des Stromes durch die Wicklung 5, 6 des Stators 2, wie z. B. einen Shunt oder ein weiterer Hallsensor, sowie eine Elektronikeinheit 13 zur Ansteuerung des Halbleiterschalters 11. Die Elektronikeinheit 13 realisiert eine Phasenschnittsteuerung. Deren Regelparameter zur Ansteuerung des Halbleiterschalters 11 sind die Verläufe der Signale des Hallsensors 10 und der Einheit zur Messung des Stromes 12 durch die Wicklung 5, 6 des Stators 2 sowie der Verlauf des Signals der Wechselspannungsquelle 14. Die Wechselspannungsquelle 14, die Statorwicklung 5, 6 mit den Anschlußleitungen 7, 8, der Halbleiterschalter 11 sowie die Einheit zur Messung des Stromes 12 sind in Reihe geschaltet.

Der Position des Hallsensors 10 kommt eine besondere Bedeutung zu. Im Ausführungsbeispiel ist der Sensor 10 so angeordnet, daß er lediglich das Rotorfeld aber nicht das Feld der Statorwicklung mißt. Der Feldverlauf für die in **Fig. 1** dargestellte Anordnung ist in den **Fig. 2a** und **2b** nochmals schematisch aufgezeigt. **Fig. 2a** zeigt einen Ausschnitt des Feldverlaufs zwischen den Polen 3, 4 des Stators 2. **Fig. 2b** veranschaulicht den Feldverlauf des Rotors durch einige schematisch dargestellte Feldlinien. In beiden Figuren ist der Hallsensor 10 mit seiner empfindlichen Achse 15 eingezeichnet. Lediglich Feldkomponenten, die parallel zur empfindlichen Achse 15 verlaufen, erzeugen ein Hallsensorsignal. Wie in **Fig. 2a** ersichtlich ist, besitzen die Feldlinien zwischen den Polen des Stators 2 im Bereich des Hallsensors keine Komponente, die parallel zur empfindlichen Achse 15 verläuft. Daher wird das Statorfeld nicht mitgemessen. Dagegen besitzen die Feldlinien des Rotors an der Position des Hallsensors fast ausschließlich Feldkomponenten, die parallel zur empfindlichen Achse 15 stehen und werden daher vom Hallsensor voll erfaßt. **Fig. 3** zeigt eine weitere Positionsmöglichkeit des Hallsensors, die eine interferenzfreie Messung des Rotorfeldes gewährleistet. Die in **Fig. 3** eingezeichnete Position des Hallsensors 10 kann außerdem den Vorteil haben, daß der Hallsensor auf einer Leiterplatte integriert in einfacher Weise in diese Position gebracht werden kann.

Fig. 4 zeigt das Signal des Hallsensors über der Zeitachse t aufgetragen. Das Signal ist sinusförmig, wobei die Position des Rotors nur eindeutig bestimmt werden kann, wenn neben dem Vorzeichen und dem Betrag des Signals auch die Steigung an einem bestimmten Punkt ermittelt wird. Beispielsweise gibt es für einen Betrag von 0,5 (beliebige Einheiten) mit positivem Vorzeichen 2 Punkte 16 und 17, die jedoch eine positive und negative Steigung aufweisen.

Fig. 5 demonstriert ein Problem von Hallsensoren in einer günstigen Preiskategorie, die einen Offset aufwei-

sen, der das Signal im Bereich b verschieben kann, so daß insbesondere in der Gegend eines Nulldurchgangs (Meßpunkt 18) eine Unsicherheit über das tatsächliche Vorzeichen des gemessenen Hallsensorsignals besteht. Die Drehrichtung des Rotors kann gar nicht erfaßt werden.

Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung

Befindet sich der Rotor 9 im Stillstand und sind die Spulen 5, 6 unbestromt, weist der Rotor 9 eine Rastlage auf, die um wenige Grade von der X-Richtung des Koordinatensystems abweicht. Dies ist durch verschiedene Maßnahmen, die hier nicht im einzelnen erläutert werden sollen, möglich. Es sei vorausgesetzt, daß der Hallsensor 10 ein positives Signal sendet, wenn die Pfeilspitze des durchgezogenen Pfeiles, der die Lage des Nord- und Südpols des Permanentmagneten symbolisiert, sich im ersten und zweiten Quadranten befindet, wohingehend ein negatives Signal abgegeben wird, wenn die Pfeilspitze auf den dritten oder vierten Quadranten des Koordinatensystems zeigt. Weiterhin soll angenommen werden, daß ein positiver Strom einen in X-Richtung zeigenden Feldvektor des Statorfeldes erzeugt, ein negativer Strom einen entsprechend entgegengesetzten Feldvektor. Um den Rotor 9 im Uhrzeigersinn anlaufen zu lassen wird die Elektronikeneinheit 13 der Phasenanschnittsteuerung bei einer positiven Wechselspannungshalbwelle freigegeben, die einen positiven Strom treibt, der wiederum ein magnetisches Feld in den Spulen 5, 6 erzeugt, dessen Feldvektor in die positive X-Richtung zeigt und auf den Rotor im Uhrzeigersinn ein Moment ausübt. Durch eine vorgegebene Verzögerungszeit schaltet die Elektronikeneinheit 13 über den Halbleiterschalter 11 nicht die vollständige positive Wechselspannungshalbwelle durch, sondern lediglich einen Abschnitt der Wechselspannungshalbwelle, der nach der vorgegebenen Verzögerungszeit noch verbleibt. (Vorausgesetzt sei hier, daß die Spannung durch den Halbleiterschalter abgeschaltet wird, sobald der durch die Spannung getriebene Strom auf Null abgefallen ist.) Dieser Abschnitt der Wechselspannungshalbwelle wird somit einen geringeren Strom und ein geringeres Feld erzeugen als die volle Halbwelle. Durch das Moment im Uhrzeigersinn wird sich der Rotor beispielsweise in die gestrichelte Pfeilstellung bewegen. Durch Wiederholen dieses Vorgangs und durch Erhöhen des Spulenstroms mittels Verkürzen der Verzögerungszeit wird eine Pendelbewegung verursacht, die den Rotor nach kurzer Zeit um einen Winkel von $> 90^\circ$ im Uhrzeigersinn weiterdreht. Bei einem derartigen Anlauf kann der Maximalstrom begrenzt werden, so daß die Feldanteile in entgegengesetzter Feldrichtung zum Permanentmagneten des Rotors 9 diesen nicht entmagnetisieren können.

Beginnt sich nun der Rotor durch diese Anlaufprozedur langsam im Uhrzeigersinn zu drehen, wird mit Hilfe des Hallsensors die Position des Magnetfeldes des Rotors bestimmt, indem aus dem Hallsensorsignal der Betrag, das Vorzeichen und die Steigung berechnet werden. In Bezug auf die Position des Magnetfeldes des Rotors werden nun Zeitausschnitte festgelegt, in denen die Elektronikeneinheit 13 eine Freigabe des Halbleiterschalters vornimmt und nach einer Zeitverzögerung diesen wiederum durchschaltet, so daß Abschnitte von Wechselspannungshalbwellen entstehen, die einen Strom in der Statorwicklung hervorrufen, dessen Feld ein Moment auf den Rotor in der gewünschten Drehrichtung, also im Uhrzeigersinn, erzeugt. Beispielsweise

wird in einem Bereich von -20% bis $+90\%$ des maximalen Amplitudenwertes des Hallsensorsignals und bei positiver Steigung (der Rotor befindet sich bei einer Drehung im Uhrzeigersinn beim Übergang vom dritten in den vierten Quadranten) die Elektronikeneinheit den Halbleiterschalter für eine positive Spannungshalbwelle freigeben und diese nach einer vorgegebenen Verzögerungszeit durchschalten. Damit liegt ein Abschnitt einer positiven Wechselspannungshalbwelle an der Wicklung des Stators, die einen positiven Strom treibt und ein Feld mit einem mittleren Feldvektor in positiver X-Richtung im Stator erzeugt. Durch die vorgegebene Verzögerungszeit und durch die Zeitkonstante bis zum Stromaufbau, die durch die Induktivität und den Widerstand der Statorwicklung bestimmt wird, baut sich das Statorfeld erst dann auf, wenn der Rotor sich in den zweiten oder den ersten Quadranten des Koordinatensystems weiterbewegt hat, womit ein Moment in Drehrichtung auf den Rotor ausgeübt wird. Beginnt sich der Rotor dadurch schneller zu drehen, müssen die Zeitabschnitte, in denen die Elektronikeneinheit den Halbleiterschalter 11 freigibt, verkürzt werden, damit der Feldaufbau rechtzeitig erfolgt, bevor der Rotor sich in den nachfolgenden Quadranten weitergedreht hat.

Ist der Rotor auf diese Weise auf synchrone Drehzahl beschleunigt worden, bestimmt die Elektronikeneinheit den Phasenwinkel zwischen Statorfeld und Rotorfeld aus dem Verlauf des Stromes durch die Statorwicklung und aus dem Magnetfeldsensordesignal des Rotors unter Berücksichtigung der räumlichen Anordnung des Hallsensors am Rotor. Die Zeitabschnitte werden dann derart bezüglich des Magnetfeldsensordesignals des Rotors phasenverschoben, daß zwischen dem Magnetfeld des Rotors und dem Magnetfeld des Stators ein Winkel von 90° in Drehrichtung auftritt. Durch diese Konstellation der Feldvektoren ergibt sich der größte Wirkungsgrad. Im Betriebsfall wird der Winkel zwischen Statorfeld und Rotorfeld von 90° immer nachgeregelt, so daß weiterhin auch bei Lastschwankungen oder Veränderungen der Betriebsspannung der hohe Wirkungsgrad beibehalten wird. In Abhängigkeit von der mittleren Belastung des Motors wird über die Zeitverzögerung bis zum Durchschalten des Halbleiterschalters nach seiner Freigabe das Stromniveau eingestellt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Einphasensynchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor (9), wobei der Einphasensynchronmotor (1) wenigstens eine in Reihe zu einer Wechselspannungsquelle geschaltete Statorwicklung (5, 6) umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Sensor (10) zur Messung des Magnetfeldes des Rotors und Mittel zur Phasenanschnittsteuerung (11, 12, 13) vorhanden sind, die die Wechselspannungsquelle (14) abhängig vom Magnetfeldsensordesignal derart schalten, daß ein Magnetfeld des durch die Spannung hervorgerufenen Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung ein Moment auf den Rotor in der gewünschten Drehrichtung erzeugt, wobei die Größe des Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung durch die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung auf einen vorgegeben Wert begrenzt ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Anlauf des Rotors aus dem Stillstand entsprechend der Polarität des gemessenen

Magnetfeldes und der gewünschten Drehrichtung die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung bei einer positiven bzw. negativen Wechselspannungshalbwelle freigegeben sind und die freigegebenen Mittel zur Phasenanschnittsteuerung für das Zuschalten der Wechselspannung nach Ablauf einer Verzögerungszeit und für das Abschalten der Wechselspannung nachdem der durch die Wechselspannung getriebene Strom auf Null abgefallen ist, ausgelegt sind, wobei das Verhältnis eines Abschnitts einer Wechselspannungshalbwelle zur vollständigen Wechselspannungshalbwelle die Größe des Stroms durch die Statorwicklung und somit die Größe des Statorwicklungsmagnetfeldes bestimmt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Festlegung der Position des Rotormagnetfeldes bei in gewünschter Drehrichtung laufendem Rotor Mittel für eine Echtzeitbestimmung des Betrages und der Steigung aus dem gemessenen Magnetfeldsensordesignal des Rotors vorhanden sind, wobei mittels der Position des Rotormagnetfeldes darauf bezogene, periodisch auftretende Zeitausschnitte für eine Freigabe der Mittel zur Phasenanschnittsteuerung festlegbar sind und die freigegebenen Mittel zur Phasenanschnittsteuerung für das Zuschalten der Wechselspannung nach Ablauf einer Verzögerungszeit und für das Abschalten der Wechselspannung nachdem der durch die Wechselspannung getriebene Strom auf Null abgefallen ist, ausgelegt sind, so daß das Magnetfeld des durch die Abschnitte der Wechselspannungshalbwellen hervorgerufenen Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung ein Moment auf den Rotor in der gewünschten Drehrichtung erzeugt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Zeitausschnitte an die Drehzahl des Rotors angepaßt ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei Synchrondrehzahl des Rotors die periodisch auftretenden Zeitabschnitte, in denen die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung freigegeben sind und zeitverzögerte Spannungsabschnitte bereitstellen, bezüglich des Magnetfeldsensordesignals des Rotors so phasenverschoben sind, daß zwischen dem Magnetfeld des durch die Spannungsabschnitte hervorgerufenen Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung und dem Magnetfeld des Rotors ein Phasenwinkel von $\Phi \sim 90^\circ$ in Drehrichtung auftritt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenwinkel zwischen dem Magnetfeld des Rotors und dem Magnetfeld der Statorwicklung aus dem Verlauf des Stromes durch die Statorwicklung und aus dem Magnetfeldsensordesignal des Rotors durch Vergleichen des zeitlichen Abstandes der Extrema der beiden Signalverläufe unter Berücksichtigung der räumlichen Anordnung des Sensors am Rotor bestimmbar ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Sensor zur Messung des Rotormagnetfeldverlaufes ein Hallsensor (10) vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Hallsensor (10) interferenzfrei zum Feld der wenigstens einen Statorwicklung (5, 6) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch

gekennzeichnet, daß die Magnetfeldlinien des Rotors über Flußleitbleche zum Hallsensor geführt sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Hallsensor beliebig angeordnet ist und das Übersprechen des Statorwicklungsfeldes durch den Verlauf des Statorwicklungstromes herausrechenbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung eine Elektronikeinheit (13), einen Halbleiterschalter (11) und eine Einheit zur Messung des Stromes (12) durch die wenigstens eine Statorwicklung (5, 6) umfassen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einheit zur Messung des Stromes (12) durch die wenigstens eine Statorwicklung (5, 6) einen Shunt umfaßt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einheit zur Messung des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung (5, 6) einen Hallsensor beinhaltet.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektronikeinheit zur Ansteuerung des Halbleiterschalters (11), zur Verarbeitung des Magnetfeldsensordesignals des Rotors sowie des Signals der Einheit zur Messung des Stromes (12) und zur Verarbeitung des Signalverlaufes der Wechselspannungsquelle (14) ausgelegt ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 11, 12, 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektronikeinheit der ungenutzte Teil der Elektronikeinheit eines anderen Systems ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetfeldsensordesignal des Rotors, das Signal der Einheit zur Messung des Stromes und das für die Elektronikeinheit zur Verfügung stehende Signal der Wechselspannungsquelle potentialfrei zur Netzspannung erfaßt bzw. geschaltet sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

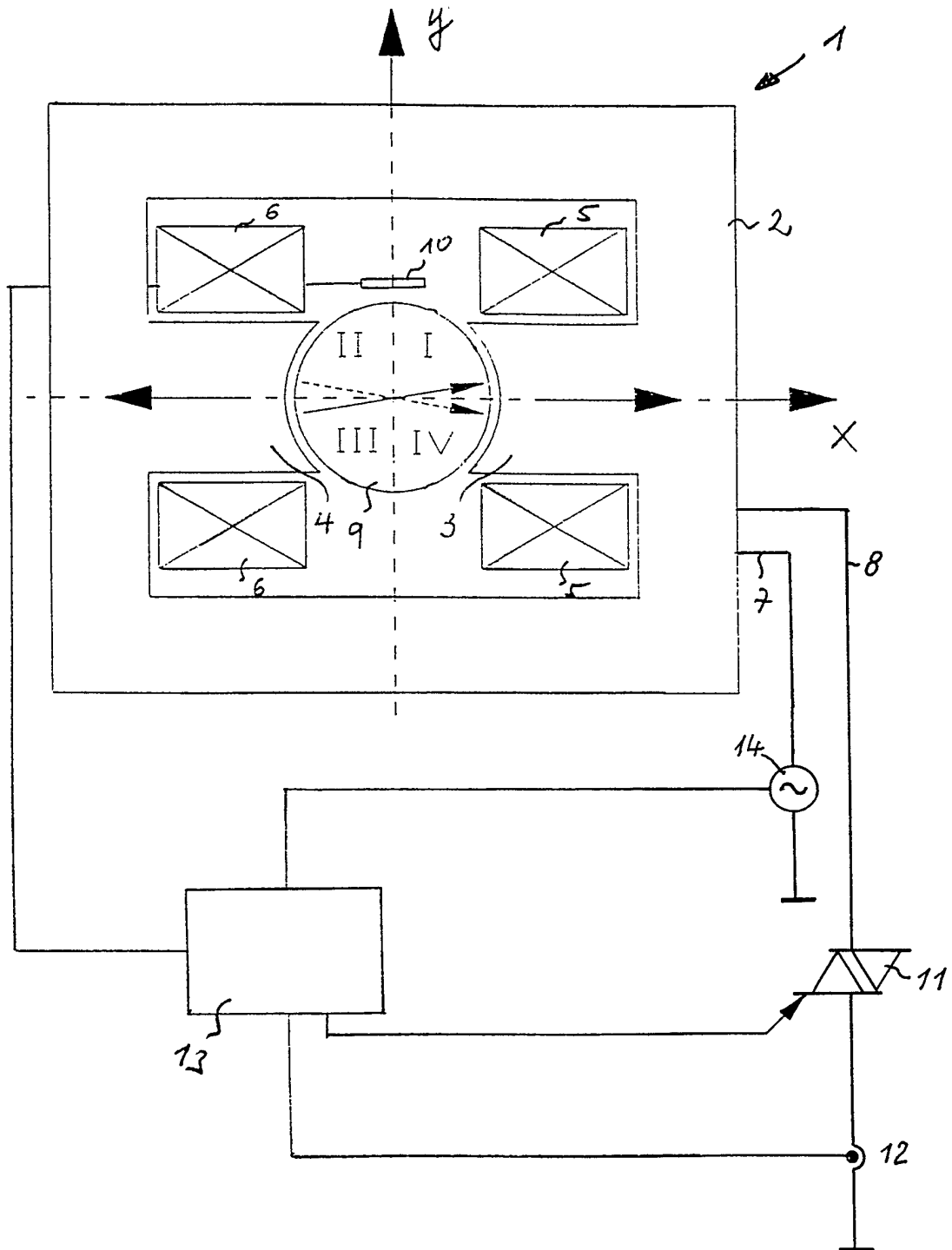


Fig. 1

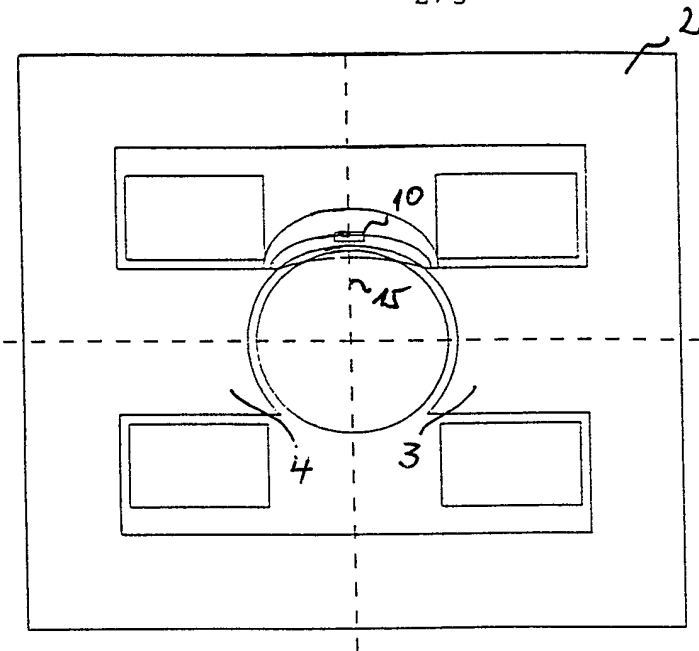


Fig. 2a

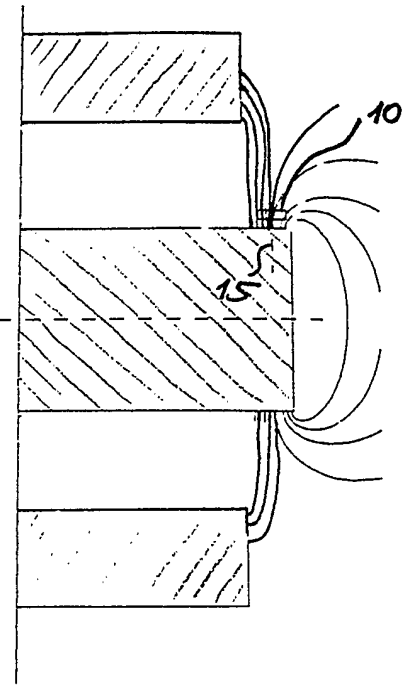


Fig. 2b

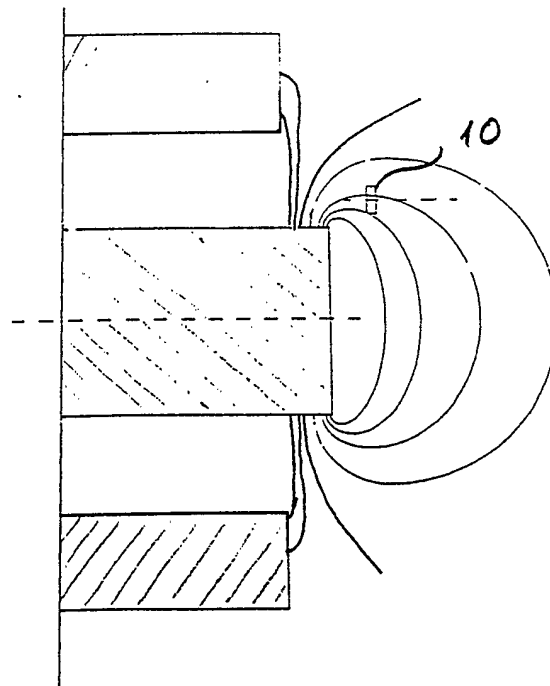


Fig. 3

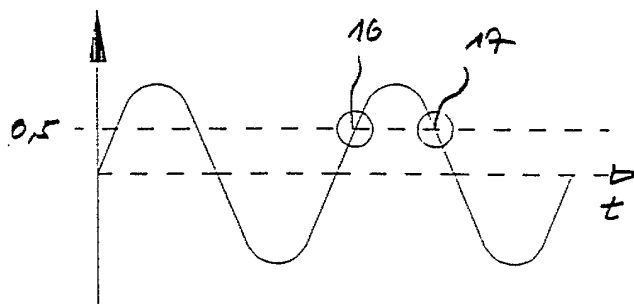


Fig. 4

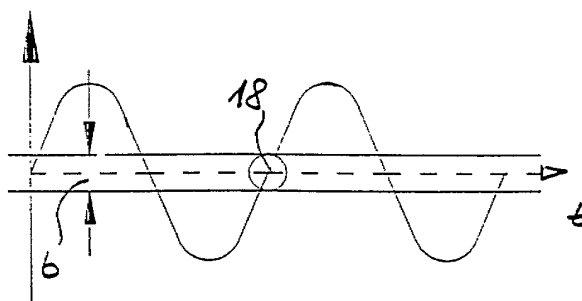


Fig. 5

PUB-NO: DE019534423A1
DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19534423 A1
TITLE: Starting and running control device e.g.
for single-phase electric pump motor
with permanent magnet rotor
PUBN-DATE: March 20, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KUNZ, WUNNIBALD	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KUNZ WUNNIBALD	DE

APPL-NO: DE19534423
APPL-DATE: September 16, 1995

PRIORITY-DATA: DE19534423A (September 16, 1995)

INT-CL (IPC): H02P001/46 , H02P006/20

EUR-CL (EPC): H02P001/46 , H02P007/622 , H02P006/00

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O>A device to control the start-up and running of a single phase synchronous motor with a permanent magnet rotor has a sensor (10) to measure the rotor

magnetic field and means (11 to 13) for phase control which switch the AC source (14) according to the sensor signal. The magnetic field of the current generated by the voltage in at least one stator winding generate a torque on the rotor in the desired direction of rotation, whereby the size of the current is limited by the phase control to a given value. For start-up, the phase control components are disconnected and are reconnected after a delay time.